Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 20-36
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2106-1009

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۳ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۱
صفحهٔ ۳۶-۲۰، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر عدس (*Lens culinaris* Medik) دیم در مناطق سرد کشور با الگوی خطوط مرزی صفات زراعی

ولی فیضی‌اصل[1*]، داود صادق‌زاده اهری[2]، علی‌اکبر محمودی[3] و سیده سودابه شبیری[4]

۱- استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛ vfeiziasl@yahoo.com
۲- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران؛ dsadeghzade@yahoo.com
۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران؛ aampira@yahoo.com
۴- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران؛ s.shobeiri@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲، **بازنگری:** ۱۴۰۰/۱۱/۳۰، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۳/۲۶؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
فیضی اصل، و.، صادق‌زاده اهری، د.، محمودی، ع.ا.، و شبیری، س.س. ۱۴۰۱. ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر عدس (*Lens culinaris* Medik) دیم در مناطق سرد کشور با الگوی خطوط مرزی صفات زراعی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۲): ۳۶-۲۰.

چکیده

شناخت صفات مهم گیاهی و تأثیر آن بر عملکرد دانه از ابزارهای اصلی به‌نژادگران عدس در انتخاب و معرفی ارقام سازگار با مناطق دیم می‌باشد. برای تعیین حد و دامنه بهینه صفات زراعی عدس دیم، بانک اطلاعاتی گسترده‌ای از ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم مناطق سرد کشور (مراغه، زنجان، اردبیل و شیروان) با ۸۳۰۰ ژنوتیپ به مدت ۲۰سال (۱۳۹۵-۱۳۷۵) جمع‌آوری شد. حد و دامنه بهینه صفات زراعی با استفاده از دو روش خطوط مرزی و میانگین گیری از جامعه دارای عملکرد بالا تعیین شد. حد بهینه ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه، تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پُرشدن دانه با خطوط مرزی به‌ترتیب ۲۷/۸ سانتی‌متر، ۵/۴ گرم، ۵۵/۴ روز، ۹۲/۶ روز و ۳۳/۸ روز و با روش میانگین‌گیری به‌ترتیب ۲۳/۷ سانتی‌متر، ۴/۹ گرم، ۶۲/۰ روز، ۹۲/۶ روز و ۳۰/۷ روز تعیین شد. هر دو روش حد تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک را یکسان برآورد نمودند. در حالی که در تعیین دامنه بهینه بین دو روش، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و روش خطوط مرزی دامنه آن را به طور میانگین سه برابر گسترده‌تر برآورد نمود. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مهم‌ترین صفات برای گزینش ارقام عدس دیم را تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک تشخیص داد. با توجه به دقّت بالا در برآورد حد و دامنه بهینه صفات و انطباق بیشتر نتایج آن با ارقام معرفی‌شده در این مناطق، استفاده از روش خطوط مرزی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی؛ حد بهینه صفات؛ خطوط مرزی؛ صفات گیاهی

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) احتمالاً از قدیمی ترین حبوبات دانه‌ای است که توسط انسان اهلی شده است و به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای آن یکی از مهم‌ترین لگوم‌ها در سطح جهانی می‌باشد. عدس منبع بسیار خوبی از کربوهیدرات‌های پیچیده، پروتئین، عناصر معدنی، ویتامین‌ها، فیبرهای رژیمی[2] و سطح بالایی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی برای تغذیه انسان می‌باشد (Erdoğan, 2015; Ninou *et al.*, 2019). عدس علاوه بر این که منبع مقرون به صرفه از پروتئین‌های رژیمی (۲۲ تا ۳۵ درصد) برای افراد فقیر می‌باشد، نقش بسیار مهمی در کاهش سوءتغذیه و کمبود ریزمغذی‌ها در کشورهای درحال توسعه دارد. به دلیل پایین‌بودن شاخص گلوگز در عدس، مصرف آن برای افراد دیابتی، چاق و بیماران قلبی عروقی بسیار توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که علاوه بر مصرف خوراکی

* نویسنده مسئول: vfeiziasl@yahoo.com

۲. Dietary fibers

برای انسان، از دانه و کلش عدس به عنوان خوراک دام نیز استفاده می‌شود. گزارش شده است که ترکیب شیمیایی دانه عدس تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است (Kumar *et al*., 2015; Ninou *et al*., 2019).

عدس عمدتاً در آسیا کشت می‌شود و تولید جهانی این محصول ۴/۹ میلیون تن در سال می‌باشد و کشور کانادا با تولید ۱/۹ میلیون تن در صدر قرار دارد (Erdoğan, 2015). کشت عدس سال‌هاست که در ایران رایج است و متوسط تولید آن در پنج سال اخیر، ۷۷۱۶۷ تن می‌باشد که ۸۹/۸ درصد آن در شرایط دیم تولید شده و ۹۴/۸ درصد سطح زیرکشت عدس در ایران (۲۸۱۳۲ هزار هکتار) به صورت دیم است. میانگین عملکرد عدس در شرایط دیم کشور ۵۳۹ کیلوگرم در هکتار و در شرایط آبی ۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Ahmadi, *et al*., 2015a; Ahmadi, *et al*., 2015b; Ahmadi, *et al*., 2016; Ahmadi, *et al*., 2017; Ahmadi, *et al*., 2019).

از دلایل اصلی کاهش عملکرد عدس در بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه، مواجه‌شدن آن با مجموعه‌ای از تنش‌های زیستی (برق زدگی[1]، آنتراکنوز[2]، زنگ[3]، پژمردگی فوزاریومی[4] و بلایت استمفیلیومی[5]) و غیرزیستی (خشکی، یخبندان، سرما، کمبود عنصر بُر و شوری) است که این عوامل باعث کاهش قابل توجه رشد و عملکرد این محصول می‌شود (Kumar *et al*., 2014). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در ایران است که منجر به کاهش عملکرد عدس در شرایط دیم می‌شود. نتایج میانگین پنج سال اخیر آمار تولید عدس در ایران نشان می‌دهد که عملکرد دانه این گیاه به طور میانگین ۵۰ درصد (۳۰ تا ۶۰ درصد) در شرایط دیم نسبت به شرایط فاریاب کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، با وجود ارزش زراعی و تغذیه‌ای عدس، تولید دانه عدس در مقدار کم باقی مانده و این گیاه در مقایسه با غلات دانه‌ریز مانند گندم کمتر مورد توجه اصلاحگران گیاهی بوده است (Ninou *et al*., 2019). تاکنون اصلاح‌گران عدس از تکنیک‌های مرسوم گزینش نوترکیبی برای توسعه اصلاح ارقام استفاده کرده‌اند که این روش برای برخی صفات تک‌ژنی موفق عمل کرده است، اما در مورد صفات پیچیده کمّی، تکنیک‌های مرسوم از دقّت بالایی برخوردار نیستند (Kumar *et al*., 2015).

بررسی صفات زراعی از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های به نژادی برخوردار می‌باشند، به‌طوری‌که پژوهشگران اصلاح گیاهان از این صفات به عنوان مهم‌ترین عوامل برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با سازگاری مناسب، کارآیی مطلوب، ارزش تجاری خوب و داشتن تقاضا برای مصارف خاص در اهداف اصلاح یک نبات استفاده می‌کنند (Rahimi *et al*., 2016). معمولاً اصلاحگران گیاهان از صفات زراعی عدس مانند تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، عملکرد زیستی و تعداد غلاف در بوته به عنوان معیارهایی برای انتخاب غیرمستقیم ارقام پرمحصول استفاده می‌کنند. به بیان دیگر، تحت شرایط دیم عملکرد بالای عدس در ارقام و لاین‌هایی دیده می‌شود که دارای دوره رشد رویشی و زایشی کوتاه، سرعت رشد بالا، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰دانه بالایی می‌باشند (Rahimi *et al*., 2017). Vaezi (2015) گزارش کرد که عملکرد دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با صفات شاخص برداشت، تعداد نیام در بوته، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته و همبستگی منفی معنی‌دار با صفات تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد گلدهی و زمان رسیدگی دارد، یعنی ژنوتیپ‌های دیرگل و دیررس در عدس از عملکرد کمتری برخوردارند. بر این اساس، به‌نژادگران و فیزیولوژیست‌های گیاهان زراعی بر این عقیده‌اند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام سازگار با مناطق خشک و نیمه خشک، نخست باید صفاتی را که تحت شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثرند، شناخت و سپس آن‌ها را همراه با عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (Kanouni, 2003)، زیرا صفات مورفولوژیک به سادگی و با دقّت زیاد قابل اندازه‌گیری بوده و در مقایسه با عملکرد دانه وراثت‌پذیری نسبتاً بالایی دارند. از این‌رو، انتخاب بر اساس این صفات، راه مطمئن و سریعی برای غربال جمعیت اصلاحی و بهبود عملکرد می‌باشد (Ebrahimi *et al*., 2016).

به منظور استفاده از صفات گیاهی در انتخاب ارقام مطلوب برای شرایط مختلف، ابتدا باید حد مطلوب و دامنه بهینه این صفات در شرایط مربوطه شناسایی و تعیین گردد. یکی از روش‌های مناسب تعیین این دامنه، استفاده از خطوط مرزی[6] و شاخص تعادل خصوصیات گیاهی[7] است که Feiziasl *et al*, (2003) این روش را برای اولین بار با موفقیت در تعیین حد و دامنه بهینه صفات گیاهی و مقایسه ارقام در گندم دیم به کار بردند. در این روش، نقاط پراکنش بین صفت به عنوان

۱. Ascochyta blight
۲. Anthracnose
۳. Rust
۴. Fusarium wilt
۵. Stemphylium blight

۶. Boundary lines
۷. Crop properties balance index (CPBI)

متغیر مستقل و پاسخ گیاه به عنوان متغیر وابسته با استفاده از خطوطی محصور می‌شود که تحت عنوان خطوط مرزی از آن نام برده می‌شود و طول محل تلاقی دو خط مرزی سمت راست و چپ بانک اطلاعاتی به عنوان حد بهینه صفت تعیین می‌گردد (Walworth *et al*., 1986). با توجه به این که رابطه واقعی بین صفات گیاهی با عملکرد گیاهان زراعی اغلب از نوع درجه دوم و یا سیگموئیدی[1] می‌باشد و بعد از محدوده خاصی، افزایش صفات منجر به افت عملکرد می‌شود، لذا شناخت محدوده مناسب صفات مؤثر بر عملکرد اقتصادی گیاه، یکی از ضروریات اساسی اصلاحگران نبات در انتخاب ژنوتیپ‌ها و ارقام مناسب می‌باشد. در پژوهش حاضر با استفاده از روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا، حد بهینه و دامنه مطلوب صفات مورفوفیزیوژیک ژنوتیپ‌های عدس بهاره دیم در مناطق سرد کشور تعیین شد و از تلفیق این صفات علاوه بر معرفی ویژگی‌های مناسب برای ارقام مورد معرفی عدس در این مناطق، وضعیت ارقام معرفی شده عدس دیم نیز مورد آزمون قرار گرفت. اطلاعات حاصل از این پژوهش می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی برای دستیابی به ارقام بهاره برتر عدس دیم مورد استفاده اصلاحگران در مناطق سردسیر دیم قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بانک اطلاعاتی

بانک اطلاعاتی گسترده‌ای با بیش از ۸۳۰۰ ژنوتیپ عدس دیم از ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی دیم مناطق سرد و نیمه سرد کشور شامل مراغه، زنجان، اردبیل و شیروان به مدت ۲۰ سال (۱۳۹۵-۱۳۷۵) جهت تعیین حد و دامنه بهینه صفات زراعی عدس بهاره دیم شامل تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پُرشدن دانه، ارتفاع بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه جمع‌آوری شد.

ترسیم نقاط پراکنش بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه

رابطه بین هر صفت با عملکرد دانه به صورت نقاط پراکنش با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد. سپس حداکثر محدودیت هر صفت با استفاده از خطوط مرزی تعیین گردید. برای این منظور نقاط پراکنش موجود در هر شکل با استفاده از دو خط رگرسیونی محصور شد، به نحوی که یکی از خطوط رگرسیونی در سمت چپ هر شکل و دیگری در سمت راست قرار گرفت. محل تلاقی این دو خط، نشان‌دهنده رفع تمامی محدودیت‌ها در شرایط آزمایش و رسیدن به حداکثر عملکرد می‌باشد. این دو خط رگرسیونی خطوط مرزی نامیده می‌شوند. برای تعیین دقیق معادلات خطوط مرزی مربوط به هر صفت، ابتدا تمامی داده‌های آن صفت با درنظرگرفتن عملکرد دانه توسط نرم‌افزار Excel به صورت صعودی (متغیر وابسته یا عملکرد دانه) مرتب شد. سپس کل داده‌ها به گروه های ۲۰تایی تقسیم شدند. در هر گروه ۲۰تایی حداکثر عملکرد دانه به همراه ارزش صفت مربوطه به صورت زوج مرتبه در یک جدول تنظیم شد. در برازش معادله رگرسیونی مربوط به سمت چپ هر شکل (بخش صعودی) از زوج مرتبه‌هایی استفاده شد که عملکرد دانه و ارزش صفت آن‌ها در مقایسه با گروه قبلی (گروه ۲۰تایی) افزایشی بودند. برای برازش معادله رگرسیونی سمت راست هر شکل (بخش نزولی) بر عکس حالت قبلی عمل شد. معادلات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert1.4 برازش شد (Feiziasl *et al*., 2010).

تعیین حد و دامنه بهینه صفات مورد بررسی

برای این منظور از دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا استفاده شد. در روش خطوط مرزی، حد بهینه هر صفت گیاهی (متغیر مستقل) محل تلاقی عمود رسم شده از حداکثر منحنی (محل تلاقی دو خط مرزی) با محور Xها می‌باشد که امکان دستیابی به حداکثر عملکرد در آن نقطه وجود دارد. به‌منظور تعیین دامنه بهینه هر صفت، عملکرد دانه در هر شکل به دو گروه دارای عملکرد پایین و بالا تقسیم شد. این گروه‌بندی معمولاً اختیاری است و بر اساس عرف رایج انجام می‌گیرد. در این پژوهش، مبنای تفکیک عملکردها به دو گروه ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود، به‌طوری‌که عملکردهای بیش از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بالا و کمتر از آن به عنوان عملکردهای پایین برای عدس دیم در نظر گرفته شد. شرط این گروه‌بندی نرمال‌بودن داده‌های مربوط به عملکرد دانه در جامعه دارای عملکرد بالا و عضویت حداقل ۴۰درصد از بانک اطلاعات در جامعه دارای عملکرد بالاست. حال با ترسیم خطی از عملکرد دانه ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار به موازات صفت مربوطه در محور X دو خط مرزی سمت چپ و راست قطع شدند که ارزش محور X این دو نقطه به عنوان دامنه بهینه برای آن صفت در نظر گرفته شد (Feiziasl *et al*., 2003; Feiziasl *et al*., 2010).

در روش میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا همانند روش قبلی به صورت اختیاری عملکرد دانه به دو گروه کم و زیاد تقسیم شد. میانگین صفت گیاهی ($\bar{X}$) در جامعه دارای عملکرد بالا در هر شکل به عنوان حد بهینه آن صفت

---
[1]. *Sigmoid*

شناخته شد که در عمل این حد نماینده عملکردهایی است که توسط ژنوتیپ‌های برتر به‌دست‌آمده‌اند و با افزایش تعداد نمونه‌ها در جامعه دارای عملکرد بالا، مقدار حد بهینه تعیین شده به عدد ثابتی نزدیک‌تر می‌شود (Sumner, 1977). در این روش دامنه بهینه هر صفت گیاهی با استفاده از انحراف معیار جامعه دارای عملکرد بالا از طریق رابطه X±SD برای آن صفت تعیین گردید (Gomes, 1985).

در این پژوهش، محاسبه چارک‌ها، آزمون نرمال‌بودن داده‌ها، تمامی مشخصات آماری در بانک اطلاعاتی و همچنین روابط بین صفات در جامعه دارای عملکرد بالا و پایین به تفکیک با استفاده از نرم‌افزار Xlstat2016 از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت خصوصیات گیاهی ارقام عدس معرفی شده در مناطق سردسیر دیم با حد و دامنه بهینه صفات در بانک اطلاعاتی با هر دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری مقایسه و تفسیر شد.

نتایج و بحث

حد و دامنه بهینه صفات گیاهی

در بانک اطلاعاتی جمع‌آوری شده، ارتفاع بوته برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی عدس دارای میانگین ۲۰/۵ سانتی‌متر با دامنه ۳۹-۸ سانتی‌متر و توزیع غیرنرمال بود. در این جامعه ارتفاع ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌ها بین ۱۸ تا ۲۳ سانتی‌متر و ۷۵درصد آن‌ها دارای ارتفاع بوته کمتر از ۲۳ سانتی‌متر بودند. بنابراین حدود ۲۵ درصد از کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی در طول ۲۰ سال زراعی، بیش از ۲۳ سانتی‌متر (حداکثر تا ۵۳سانتی‌متر) ارتفاع داشتند (جدول ۱). با استفاده از روش خطوط مرزی، حد بهینه ارتفاع بوته برای عدس دیم در مناطق سرد کشور ۲۷/۸ سانتی‌متر تعیین گردید. دامنه بهینه این صفت در بانک اطلاعاتی با استفاده از همان روش ۱۰/۹ تا ۳۶/۰ سانتی‌متر برای دستیابی به عملکرد دانه بیش از ۷۰۰کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (شکل A۱)، در حالی که با روش میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا (بیش از ۱۴۲۵ کیلوگرم در هکتار)، حد بهینه ارتفاع بوته برای عدس دیم ۲۳/۷ سانتی‌متر و دامنه بهینه آن ۱۹/۸ تا ۲۷/۷ سانتی‌متر تعیین گردید که در این جامعه مطابق تعریف اولیه عملکرد دانه دارای توزیع نرمال بود (جدول ۱). بر اساس بانک اطلاعاتی ۲۰ساله موجود در مناطق سرد برای عدس دیم، ژنوتیپ‌ها و ارقامی با ارتفاع بوته نزدیک به ۳۰ سانتی‌متر بیشترین عملکرد دانه را در شرایط آزمایش‌های مزرعه‌ای تولید نمودند. همچنین ارقام و ژنوتیپ‌هایی با دامنه ارتفاع بوته حدود ۳۶-۱۱ سانتی متر، عملکرد دانه مطلوبی را در مقایسه با سایر ارقام داشتند (شکل A۱). بررسی ارقام معرفی شده عدس دیم و ژنوتیپ‌های برتر برای مناطق سرد و معتدل کشور نشان می‌دهد متوسط ارتفاع بوته ارقام کیمیا، بیله‌سوار، شاهد محلی به‌ترتیب ۳۳، ۳۵ و ۳۴ سانتی‌متر می‌باشد (Sabaghpour *et al.*, 2016) که در مقایسه با حد مطلوب ارتفاع بوته از طریق خطوط مرزی به‌طور میانگین ۶/۲ سانتی‌متر (۵/۲ تا ۷/۲سانتی‌متر) اختلاف دارد، در حالی که ارتفاع بوته ارقام یادشده با حد بهینه جامعه دارای عملکرد بالا به‌طور میانگین ۱۰/۳ سانتی‌متر (۹/۳ تا ۱۱/۳ سانتی‌متر) تفاوت دارند.

مقایسه حد بهینه ارتفاع بوته در دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا اختلاف ۴/۱سانتی متری را نشان داد که در آن حد بهینه خطوط مرزی بیشتر از روش میانگین‌گیری و نزدیک‌تر به ارتفاع بوته ارقام و ژنوتیپ‌های پیشرفته عدس دیم در مناطق سرد و معتدل بود. دامنه بهینه ارتفاع بوته در خطوط مرزی حدود ۳/۲ برابر گسترده‌تر از دامنه بهینه به‌دست‌آمده از طریق میانگین‌گیری بود. در این دو روش، حد پایین در روش خطوط مرزی به میزان ۸/۹ سانتی‌متر کمتر از روش میانگین‌گیری و حد بالا ۸/۳ سانتی‌متر بیشتر از روش میانگین‌گیری بود (جدول ۱ و شکل A۱). در جامعه دارای عملکرد پایین حد بهینه ارتفاع بوته (۲۰/۰ سانتی‌متر)، حد پایین (۸/۰ سانتی‌متر) و حد بالا (۳۹/۰ سانتی‌متر) دقیقاً مشابه با اعداد به‌دست‌آمده برای کل بانک اطلاعاتی از طریق میانگین‌گیری بود (جدول ۱). شاید دلیل این امر قرارگرفتن حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد مشاهدات در جامعه دارای عملکرد پایین باشد که میانگین و دامنه آن به داده‌های کل بانک اطلاعاتی نزدیک‌تر می‌شود. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ارتفاع بوته به شکل‌های مختلف نشان داد که اولاً حد بهینه به‌دست‌آمده از طریق خطوط مرزی بسیار نزدیک‌تر به ارتفاع بوته ارقام و لاین‌های پیشرفته عدس دیم در این مناطق است (شکل A۱). ثانیاً ارتفاع بوته ارقام و ژنوتیپ‌های برتر عدس دیم (۳۳ تا ۳۷سانتی‌متر) در مناطق سرد همگی در داخل و یا نزدیک به خط مرزی دامنه بهینه (۱۱ تا ۳۶ سانتی‌متر) مربوط به روش خطوط مرزی قرار داشتند، در حالی که ارتفاع بوته ارقام و ژنوتیپ‌ها همگی خارج از دامنه بهینه (۱۲ تا ۳۰ سانتی‌متر) حاصل از روش میانگین‌گیری قرار گرفتند (جدول ۱ و شکل A۱). این امر قابل اطمینان‌بودن حد و دامنه بهینه حاصل از روش خطوط مرزی را برای صفت ارتفاع بوته در عدس دیم نشان می‌دهد که اصلاحگران این محصول می‌توانند از داده‌های حاصل از آن به‌عنوان الگویی در انتخاب ارقام جدید به‌همراه سایر صفات استفاده نمایند. ارتفاع بوته بالا علاوه بر اهمیت آن در برداشت

مکانیزه، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نشانگرهای افزایش اندام‌های رویشی و فتوسنتزی گیاه و همچنین اندام‌های ذخیره‌ای کربوهیدراتی در گیاه در شرایط دیم محسوب می‌شود (Sadeghzadeh- Ahari, 2016). نتایج تحقیقات نشان می دهد ژنوتیپ‌ها و ارقام عدسی که ارتفاع بوته بیشتری دارند، توانایی بالایی را در ذخیره مواد غذایی و انتقال این مواد در زمان پرشدن دانه از منبع به مخزن دارند (Rao & Yadav, 1988). از این‌رو برخی از محققان گزارش کرده‌اند که در ژنوتیپ‌های عدس، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه وجود دارد (Vaezi, 2015; Rahimi *et al*., 2017). اهمیت ارتفاع بوته در تعیین پتانسیل عملکرد گیاه تا حدی است که برخی از این صفت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات مورد استفاده در گزینش ارقام مناسب برای شرایط دیم و پیش‌بینی عملکرد دانه نام برده‌اند (Khan *et al*., 2007).

وزن۱۰۰دانه عدس در کل بانک اطلاعاتی ۲۰ساله، دارای میانگین ۴/۷ گرم و دامنه ۱۱/۰-۱/۱ گرم با توزیع غیرنرمال بود. در این جامعه وزن۱۰۰دانه ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌ها بین ۳/۷ تا ۵/۷ گرم و ۷۵ درصد ژنوتیپ‌ها دارای وزن۱۰۰دانه کمتر از ۵/۷ گرم بود. بر این اساس، از کل جامعه مورد بررسی حدود ۲۵ درصد از ژنوتیپ‌ها وزن۱۰۰دانه بیش از ۵/۷ گرم (حداکثر تا ۱۱ گرم) داشتند. حد بهینه وزن۱۰۰دانه در جامعه دارای عملکرد بالا ۴/۹ گرم و دامنه بهینه آن ۳/۶ تا ۶/۱ گرم تعیین گردید (جدول ۱). با استفاده از روش خطوط مرزی، حد بهینه وزن۱۰۰دانه برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه عدس در مناطق سرد، ۵/۴ گرم تعیین شد. در این روش، برای دستیابی به عملکردهای بیش از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، دامنه وزن۱۰۰دانه ۱/۷ تا ۹/۵ گرم محاسبه گردید (شکل B1). مقایسه برآوردهای به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقدار بهینه این صفت در روش خطوط مرزی ۰/۵ گرم (۱۰ درصد) بیشتر از روش میانگین‌گیری است. این افزایش برای دامنه بهینه نیز صادق است، به‌طوری که روش خطوط مرزی در دامنه پایین آن را ۰/۹ گرم و در دامنه بالا ۳/۴ گرم بیشتر از روش میانگین گیری برآورد نمود (جدول ۲). با توجه به این که روش خطوط مرزی واقعیات موجود در بانک اطلاعاتی را بهتر از روش میانگین‌گیری نشان می‌دهد، به‌ویژه این که روند شکاف داده‌ها را به‌خوبی می‌تواند در جامعه مورد بررسی پیش‌بینی و برازش نماید (Feiziasl *et al*., 2010)، لذا به نظر می‌رسد داده‌های حاصل از این روش، در مقایسه با روش میانگین‌گیری بیشتر قابل اطمینان و استناد باشد. متوسط وزن۱۰۰دانه ارقام معرفی شده کیمیا و سنا در مناطق سرد و نیمه‌سرد کشور به‌ترتیب ۵ و ۶ گرم می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2013) که حد بهینه به‌دست‌آمده از طریق خطوط مرزی تقریباً در میانگین این دو مقدار ۱۰۰دانه قرار دارد. وزن۱۰۰دانه ارقام معرفی شده سپهر و بیله‌سوار در مناطق گرم و نیمه‌گرمسیری به‌ترتیب ۴/۱ و ۵/۷ گرم دارای دامنه بیشتری نسبت به ارقام کیمیا و سنا می‌باشند (Sabaghpour *et al*., 2016). این موضوع نشان می‌هد اگرچه وزن۱۰۰دانه بالا از ویژگی‌های مهم عدس در تولید بیشتر عملکرد دانه و همچنین بازارپسندی آن به شمار می‌آید، اما بر اساس بانک اطلاعاتی ۲۰ساله در بین ارقام سازگار با شرایط دیم، تغییرات زیادی از لحاظ این ویژگی دیده نمی‌شود و میانگین وزن۱۰۰دانه ارقام معرفی‌شده عدس برای شرایط دیم ۵/۲ گرم می‌باشد. معمولاً ارقام دارای بذور درشت‌تر (وزن۱۰۰دانه بیشتر) در برابر تنش خشکی حساس‌ترند، زیرا تحت شرایط محدودیت رطوبت (خشکی) ژنوتیپ‌های دارای بذور ریز، بیشترین میزان جوانه‌زنی را در مقایسه با بذور درشت دارند. بنابراین ژنوتیپ‌های دارای وزن۱۰۰دانه بیشتر به دلیل آسیب‌پذیری بیشتر در مقابل تنش‌های محیطی مانند سرما و خشکی (تنش آبی) در جمعیت اصلاحی عدس هرگز به‌عنوان ارقام امیدبخش و کاندیدا برای معرفی انتخاب نمی‌شوند (Moradi *et al*., 2013; Ghassemi-Golezani *et al*., 2014). مطابق نتایج پژوهش‌های انجام گرفته، وزن۱۰۰دانه از اجزای عملکرد دانه عدس می‌باشد که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیط قرار می‌گیرد و مقدار ثابتی نیست (Pakbaz *et al*., 2014). عواملی مانند نوع رقم (Noor *et al*., 2019)، تاریخ کاشت (Mehraban, 2017)، تراکم بذر (Borah, 1996; Mahmoudi, 2006)، شرایط محیطی از لحاظ شدت تنش خشکی و وضعیت آبی گیاه (Panahyan-e-Kivi *et al*., 2009) و شرایط تغذیه‌ای (Ali *et al*., 2017) در تغییر و تعیین آن مؤثرند.

صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی در کل بانک اطلاعاتی دارای میانگین ۶۳ روز و دامنه ۳۴ تا ۱۰۳ روز با توزیع غیرنرمال بود. در این جامعه، تعداد روز از کاشت تا گلدهی ۵۰درصد از ژنوتیپ‌ها بین ۵۷ تا ۶۹ روز و ۷۵ درصد ژنوتیپ‌ها دارای تعداد روز از کاشت تا گلدهی کمتر از ۶۹ روز بودند. بر این اساس، از کل جامعه مورد بررسی حدود ۲۵ درصد از ژنوتیپ‌ها تعداد روز از کاشت تا گلدهی کمتر از ۵۷ روز و ۲۵درصد دارای تعداد روز از کاشت تا گلدهی بیش از ۶۹ روز (حداکثر تا ۱۰۳ روز) داشتند. حد بهینه این صفت در جامعه دارای عملکرد بالا ۶۲ روز و دامنه بهینه آن ۵۴ تا ۷۰ روز تعیین گردید (جدول ۱). با استفاده از روش خطوط مرزی، حد بهینه تعداد روز از کاشت تا گلدهی برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه عدس، ۵۵ روز تعیین شد. در این روش، برای

دستیابی به عملکردهای بیش از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، دامنه تعداد روز از کاشت تا گلدهی ۳۸ تا ۹۳ روز محاسبه گردید (شکل C1). مقایسه این اعداد نشان می‌دهد مقدار بهینه این صفت در روش میانگین‌گیری ۶/۶ روز (۱۲ درصد) بیشتر از روش خطوط مرزی است. این افزایش برای حد پایین دامنه بهینه نیز صادق بود، به‌طوری که روش میانگین‌گیری در دامنه پایین ۱۵/۲ روز بیشتر از روش خطوط مرزی اما در دامنه بالا ۲۳/۰ روز کمتر از خطوط مرزی آن را برآورد نمود. به بیان دیگر، دامنه بهینه برآوردشده برای تعداد روز از کاشت تا گلدهی از طرق خطوط مرزی ۳/۳ برابر گسترده‌تر از دامنه برآوردشده از طریق روش میانگین‌گیری است (جدول ۲). Azizi-Chakherchaman *et al*, (2010) با مطالعه بر روی ۱۳ژنوتیپ عدس دیم بهاره در منطقه اردبیل، تعداد روز از کاشت تا گلدهی را ۶۲ تا ۷۳ روز تعیین کردند. Mahmoudi (2006) اثر تاریخ کاشت بر روی تعداد روز از کاشت تا گلدهی را در شیروان خراسان شمالی معنی‌دار گزارش کرد و در کشت های بهاره (به‌طور میانگین ۶۷ روز) این صفت حدود ۱۳روز در مقایسه با کشت انتظاری (به‌طور میانگین ۵۴ روز) بیشتر بود. Shobeiri (2018) در منطقه زنجان تعداد روز از کاشت تا گلدهی را برای دو ژنوتیپ عدس بهاره ۴۷ و ۴۸ روز گزارش کرد. مقایسه این اعداد با حد و دامنه بهینه به‌دست‌آمده از دو روش میانگین‌گیری و خطوط مرزی نشان می‌دهد تعداد روز از کاشت تا گلدهی در ایستگاه‌های تحقیقات اردبیل (اختلاف صفر تا ۱۱ روز) و شیروان (اختلاف ۵ روز) به حد بهینه روش میانگین‌گیری و در ایستگاه تحقیقات زنجان (با اختلاف ۷ روز) به روش خطوط مرزی نزدیک‌تر می‌باشد، اما نتایج هر سه ایستگاه تحقیقات اردبیل، شیروان و زنجان در داخل دامنه بهینه تعیین شده از طریق روش خطوط مرزی قرار دارند. در حالی که نتایج Shobeiri (2018) کمتر از دامنه پایین روش میانگین‌گیری می‌باشد، اما نتایج هر سه پژوهش ارائه شده، در داخل دامنه بهینه روش خطوط مرزی قرار گرفتند که این می-تواند یکی از دلایل سازگاری بهتر روش خطوط مرزی با بانک اطلاعاتی و ارقام معرفی شده باشد.

زمان گلدهی یکی از مراحل کلیدی در توسعه گیاه می باشد که در آن گیاه تولید دانه را آغاز می‌کند و در مقابل تنش-ها آسیب‌پذیرتر است. شروع مرحله گلدهی از طریق عوامل ژنتیکی گیاه القا می‌شود و در گیاه عدس بیشتر تحت تأثیر محرک محیطی طول روز می‌باشد. بر این اساس، قرار گرفتن گیاه در اقلیم‌ها، فصول، تاریخ‌های کاشت و همچنین ارتفاع از سطح دریای مختلف باعث پاسخ متفاوت گیاه به زمان گلدهی می‌شود (Kahriman *et al*., 2015). Yuan *et al*, (2017) بیان داشتند که تعداد روز از کاشت تا گلدهی تحت تأثیر ژنوتیپ و نور محیط (کیفیت نور) می‌باشد. Roberts *et al*, (1986) نور و دما را از عوامل اصلی گلدهی در عدس می‌دانند. تاریخ گلدهی از ویژگی‌های مهم گیاهان لگوم در سازگاری و تولید در محیط‌هایی با تنش خشکی و دمای بالای آخر فصل و همچنین محیط‌هایی با طول فصل رویشی کوتا می‌باشد. در چنین شرایطی گلدهی زودهنگام باعث افزایش تولید گیاهان زراعی مانند نخود و عدس می‌شود (Kahriman *et al*., 2015). Sehgal *et al*, (2017) نیز به این نتیجه رسیدند که تنش گرمایی و خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد روز از کاشت تا گلدهی در عدس می‌شود. نتایج نمودار پراکنش تعداد روز از کاشت تا گلدهی و عملکرد دانه عدس در پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که دارای تعداد روز از کاشت تا گلدهی بیش از ۵۵ روز می‌باشند، عملکرد دانه آن‌ها نیز به‌تدریج کاهش می‌یابد (شکل C1). مطابق بانک اطلاعاتی ۲۰ساله، با فرض معرفی ارقامی با عملکردهای بیش از ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ‌هایی می‌توانند به عنوان کاندیدا انتخاب شوند که تعداد روز از کاشت تا گلدهی آن‌ها بین ۴۲ تا ۸۴ روز باشد. از سوی دیگر، با گذشت هر یک روز از حد بهینه این صفت (۵۵ روز)، مقدار عملکرد دانه عدس در خط مرزی (سمت راست) به میزان ۱۱۹ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد، در حالی که این کاهش در تعداد روزهای کمتر از حد مطلوب برای هر روز، ۳۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. به بیان دیگر، افزایش تعداد روز از کاشت تا گلدهی در عدس دیم از حد بهینه، حدود چهار برابر بیشتر از کاهش آن باعث افت عملکرد دانه می‌شود و این امر، اثر منفی افزایش تعداد روز از کاشت تا گلدهی را بر عملکرد دانه عدس دیم در مناطق سرد و نیمه‌سرد نشان می‌دهد که با نتایج دیگران در خصوص وجود رابطه منفی بین تعداد روز از کاشت تا گلدهی با عملکرد دانه در عدس دیم کاملاً مطابقت دارد (Vaezi, 2015; Kahriman *et al*., 2015; Ghanem *et al*., 2017; Rahimi *et al*., 2017).

نتایج بررسی در مورد صفت تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داد که دامنه داده‌ها از ۶۷ تا ۱۲۷روز با میانگین ۹۳ روز بود. در این بانک اطلاعاتی، ۵۰درصد از ژنوتیپ‌ها دارای تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک بین ۸۴ تا ۱۰۰ روز بوده و در ۷۵ درصد از آن‌ها این صفت کمتر از ۱۰۰ روز به ثبت رسیده بود. حد بهینه تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در جامعه دارای عملکرد بالا ۹۳ روز با دامنه بهینه ۸۵ تا ۱۰۰ روز تعیین شد (جدول۱). بررسی این صفت با روش خطوط مرزی نیز نشان داد که این

حد برابر ۹۳ روز است (شکل D1) که این مقدار دقیقاً مشابه با حد بهینه تعیین شده از روش میانگین‌گیری بود. به‌منظور دستیابی به عملکردهای بیش از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، دامنه بهینه با استفاده از روش خطوط مرزی ۷۲ تا ۱۱۷ روز برآورد شد که در حد پایین ۱۳ روز کمتر از روش میانگین‌گیری و در حد بالا ۱۷ روز بیشتر از روش یادشده بود. مطابق این نتایج، دامنه به‌دست‌آمده از روش خطوط مرزی سه برابر گسترده‌تر از روش میانگین‌گیری است (جدول ۲). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد اگرچه عدس برای شروع مراحل زایشی نیاز به دمای بالاتری (بیش از ۱۸ درجه سانتی‌گراد) دارد، اما یکی از استراتژی‌های مهم این گیاه در مکان‌هایی که با کمبود آب و دمای بالا مواجه هستند، فرار از خشکی از طریق شروع به گلدهی و ظهور غلاف زودهنگام و در نتیجه پیری زودرس و رسیدگی زودهنگام می‌باشد (Shrestha *et al*., 2006; Roy *et al*., 2012; Ghanem *et al*., 2017). Sehgal *et al*, (2017) گزارش کردند که بروز تنش خشکی در مرحله ۷۵درصدی پُرشدن غلاف‌ها به مدت ۹ تا ۲۸ روز تعداد روز از کاشت تا رسیدگی را کاهش می‌دهد، در حالی که با وقوع تنش گرمایی در این مرحله، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی ۴۰ تا ۵۷ روز و با تلفیق این دو تنش (خشکی و گرما) به‌طور همزمان ۵۰ تا ۷۴ روز کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد اولاً تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در عدس، علاوه بر این که تحت تأثیر ژن‌ها قرار دارد، به تنش خشکی و گرمای آخر فصل نیز بستگی دارد که تا حدودی می‌توان با تنظیم تاریخ کاشت آن را کنترل کرد. ثانیاً در دیمزارهای سرد و نیمه‌سرد ایران که مرحله زایشی عدس مصادف با تنش‌های خشکی و گرمای آخر فصل می‌باشد، گیاه به‌منظور فرار از این تنش‌ها زودرس‌تر می‌شود. بر این اساس، ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی، رشد خود را تسریع نموده و زودتر به مرحله زایشی برسند، بر اساس مکانیزم فرار از تنش، عملکرد بالایی را تولید خواهند کرد و برعکس، با افزایش تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در چنین شرایطی، عملکرد دانه عدس به شدت کاهش می‌یابد و بین این دو ویژگی همبستگی منفی وجود دارد (Amanullah & Hatam, 2000; Tadesse *et al*., 2014) که با نتایج پژوهش حاضر در محدوده بیش از حد بهینه (۹۳ روز) کاملاً مطابقت دارد، در حالی که در شرایط بدون تنش خشکی و گرمایی این همبستگی مثبت گزارش شده است (Bicer *et al*., 2008; Hussan *et al*., 2018).

دامنه تغییرات ثبت شده برای صفت طول دوره پرشدن دانه عدس دیم در بانک اطلاعاتی ۱۱ تا ۵۳ روز با میانگین ۲۸روز بود. حدود ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌های بهاره در بخش میانی این جامعه دارای طول دوره پرشدن دانه بین ۲۸ تا ۳۲روز و ۲۵درصد با طول دوره پُرشدن دانه بیشتر از ۳۲ روز و ۲۵ درصد بقیه کمتر از ۲۸ روز قرار داشتند (جدول ۱). به‌منظور دستیابی به عملکردهای بیش از ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار، حد بهینه دوره پرشدن دانه ۳۱ روز با دامنه بهینه ۲۵ تا ۳۶ روز تعیین گردید (جدول ۲)، در حالی که در روش خطوط مرزی حد بهینه برای دستیابی به حداکثر عملکرد ۳۴ روز و دامنه بهینه برای دستیابی به عملکردهای بیش از ۷۰۰کیلوگرم در هکتار ۱۴ تا ۵۳ روز برآورد شد (شکل E1 و جدول ۲). مقایسه این اعداد نشان می‌دهد مقدار بهینه طول دوره پرشدن دانه در روش خطوط مرزی ۳ روز (۱۰ درصد) بیشتر از روش میانگین‌گیری است، در حالی که در دامنه پایین حد بهینه، روش میانگین گیری ۱۱ روز بیشتر و در دامنه بالا ۱۷ روز کمتر از روش خطوط مرزی برآورد شد. همچنین همانند صفات پیشین، گستره دامنه بهینه در روش خطوط مرزی ۳/۴ برابر بیشتر از روش میانگین‌گیری بود (جدل ۲). طول دوره پرشدن رقم سپهر و کیمیا به ترتیب ۳۶ و ۳۸ روز می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2013). Sabaghpour *et al*, (2016) با ارزیابی ۱۶ لاین پیشرفته و ارقام بیله‌سوار و کیمیا در ۹ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم از جمله ایستگاه‌های مناطق سرد و نیمه‌سرد مورد بررسی در پژوهش حاضر، طول دوره پرشدن دانه را بین ۳۵ تا ۴۱ روز گزارش کردند. مقایسه این اعداد با حد بهینه تعیین شده از طریق خطوط مرزی و میانگین‌گیری نشان می دهد که اولاً طول دوره پرشدن دانه تمامی ارقام و لاین‌های یادشده (با میانگین ۳۷ روز) بیشتر به حد بهینه خطوط مرزی نزدیک‌تر (با میانگین اختلاف ۳ روز) می‌باشند. ثانیاً طول دوره پرشدن دانه در تمامی لاین‌ها و ارقام در داخل حدود بهینه روش خطوط مرزی (۱۴ تا ۵۳ روز) قرار دارند، در حالی که طول دوره پُرشدن رقم کیمیا و رقم بیله‌سوار (۴۱ روز) خارج از دامنه بهینه روش میانگین‌گیری (۲۵ تا ۳۶ روز) می‌باشند، در صورتی که تمامی این اعداد در دامنه بهینه روش خطوط مرزی قرار دارند. بنابراین استنباط می‌شود که روش خطوط مرزی کارآیی نسبتاً بهتری در پیش‌بینی و ارزیابی ژنوتیپ‌های عدس دیم در مورد صفت طول دوره پرشدن دانه در مقایسه با روش میانگین‌گیری دارد. طول دوره پرشدن دانه یکی از صفات مهم اصلاحی در عدس به‌شمار می‌آید که مورد توجه پژوهشگران در مراکز تحقیقاتی مختلف از جمله ایکاردا است (Shrestha *et al*., 2006). با توجه به این که گیاه عدس در طول دوره زایشی نیاز به نیتروژن و تثبیت بیشتر آن دارد، لذا ژنوتیپ‌هایی که از طریق تثبیت نیتروژن نیاز بیشتری از این عنصر را در اوایل پرشدن دانه تامین می‌کنند، ژنوتیپ‌های موفق بوده و عملکرد زیستی و دانه بیشتری نیز تولید می‌نمایند، در حالی که در

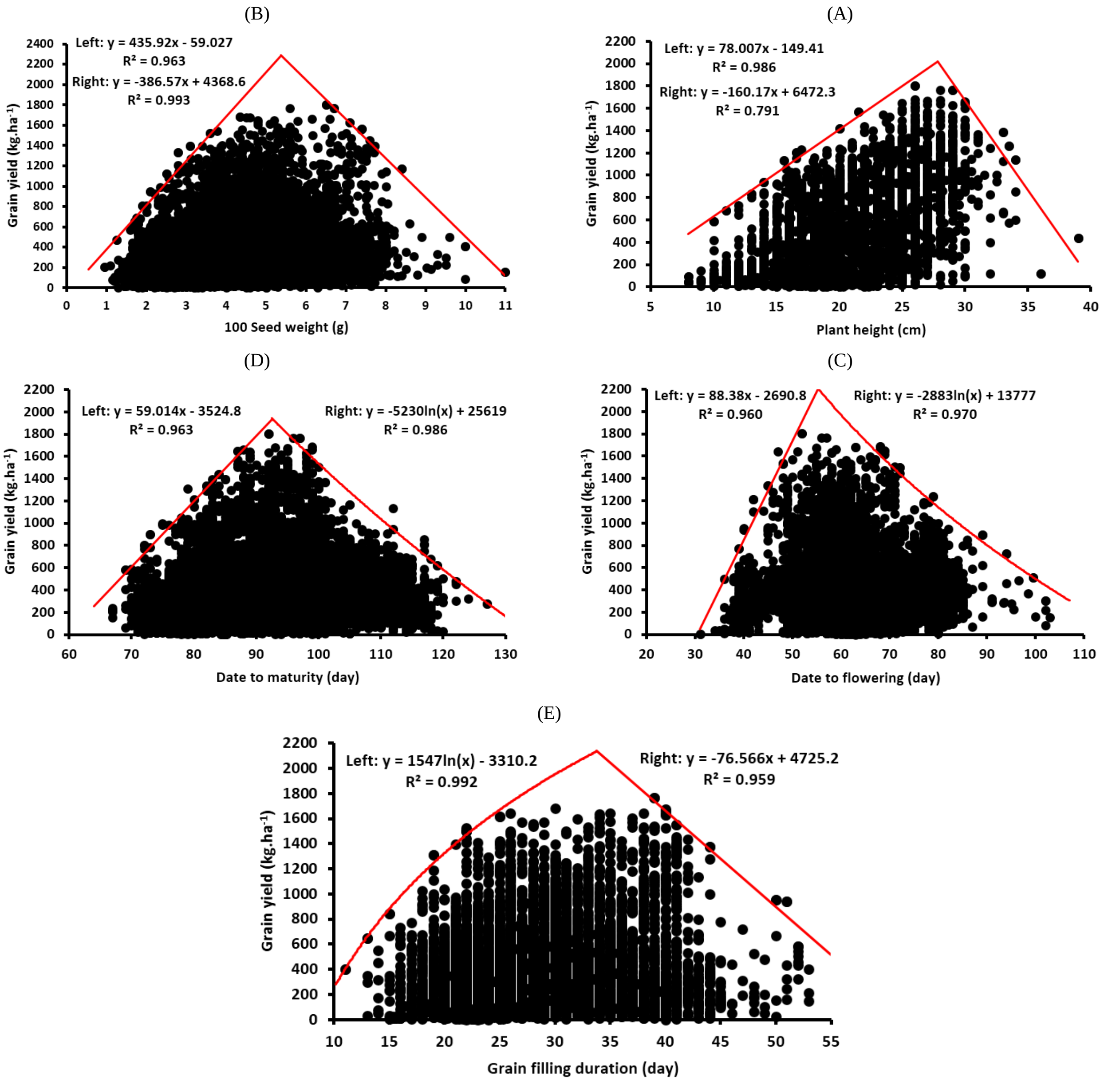
مراحل بعدی پرشدن دانه (نهایی) به دلیل کاهش شدید تثبت نیتروژن در شرایط دیم (تنش خشکی) تأمین نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های پایینی از طرق مکانیسم انتقال مجدد انجام می‌گیرد. بنابراین وقوع تنش رطوبتی در دوره پرشدن دانه یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش طول دوره پرشدن دانه و در نهایت عملکرد عدس می‌باشد (Kumar *et al*., 2013). همچنین علاوه بر تنش خشکی و کمبود رطوبت خاک، وقوع دماهای بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد نیز در این دوره منجر به کاهش شدید طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه در این گیاه می‌شود (Gulmezoglu & Kayan, 2011). به طوری که تحقیقات Delahunty *et al*, (2018) نشان داد، وقوع دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج روز با دمای شبانه ۲۵ درجه سانتی گراد، علاوه بر کاهش دوره پرشدن دانه باعث کاهش ۴۵درصدی عملکرد دانه در عدس شد. Gaur *et al*, (2014) معتقدند تنش‌های خشکی و دمای بالا توأماً باعث کاهش ۵۰درصدی سالیانه محصول حبوبات در سطح جهانی شده است. بر خلاف تنش‌های یادشده که منجر به کاهش طول دوره پرشدن دانه در عدس می‌شوند، با استفاده از برخی عوامل مانند آبیاری تکمیلی و تأمین بهینه عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن (و فسفر) در شرایط دیم می‌توان طول دوره پرشدن دانه و در نتیجه عملکرد دانه ارقام مختلف عدس را بهبود بخشید (Panahyan-e-Kivi *et al*., 2009; Hazeri Niri *et al*., 2010; Gulmezoglu & Kayan, 2011). در شرایط بدون تنش خشکی، گیاه از طول دوره رشد بالاتری برخوردار است و تجمع مواد پرورده در آن بیشتر است که در نهایت باعث افزایش طول دوره پرشدن دانه، وزن نهایی دانه و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌شود (Mansourifar *et al*., 2012). لازم به ذکر است که با طولانی شدن بیش از حد دوره پُرشدن دانه، وزن نهایی دانه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر نیز نشان داد که در طول دوره پرشدن‌های بیش از ۳۴ روز (و کمتر از آن) عملکرد دانه عدس دیم به شدت کاهش می‌یابد، به‌طوری که در طول دوره پرشدن‌های کمتر از ۳۴ روز نیز چنین اتفاقی رخ می‌دهد، اما مقدار کاهش عملکرد دانه در مقادیر بیشتر از ۳۴ روز به ازای هر روز بیشتر، ۷/۲ برابر بیشتر از مقادیر کمتر از حد بهینه می‌باشد (شکل E1).

مقایسه دو روش میانگین‌گیری و خطوط مرزی در تعیین حد و دامنه بهینه صفات گیاهی

مقایسه حد بهینه صفات گیاهی به‌دست‌آمده از دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری از جامعه دارای عملکرد بالا نشان داد تفاوت در دو روش برای صفات وزن۱۰۰دانه کم و برای تعداد روز از کاشت تا رسیدگی دقیقاً مشابه با هم می‌باشد، اما در مورد صفات تعداد روز از کاشت تا گلدهی، ارتفاع بوته و طول دوره پرشدن دانه نتایج حاصل از برآورد دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری تفاوت دارد. انجام آزمون t برای حد بهینه صفات نشان داد تفاوت معنی‌داری بین دو روش وجود ندارد ($t=0.12^{ns}$). همچنین دامنه بهینه تعیین شده برای صفات در هر دو روش کاملاً متفاوت بود. در تمامی صفات مورد بررسی دامنه به‌دست‌آمده در روش خطوط مرزی به‌طور میانگین سه برابر گسترده‌تر از روش میانگین‌گیری بود. کمترین گستردگی با دو برابر مربوط به وزن۱۰۰دانه و بیشترین آن (۳/۴ برابر) متعلق به طول دوره پرشدن دانه بود (جدول ۲). انجام آزمون t نیز نشان داد در برآورد حد پایین دامنه بهینه تفاوت دو روش در سطح احتمال پنج درصد ($t=0.3.4^*$)، در حد بالا این تفاوت در سطح احتمال یک درصد ($t=4.5^{**}$) و در دامنه بهینه در سطح احتمال ۵ درصد ($t=4.1^*$) از لحاظ آماری معنی‌دار بود. بنابراین به استثنای حد بهینه صفات که تفاوت معنی‌داری در برآورد دو روش وجود نداشت، در دامنه بهینه این صفات برآوردها از لحاظ آماری متفاوت بودند. با توجه به این‌که یکی از مزایای استفاده از خطوط مرزی توجه به روند تغییرات واقعی داده‌ها در بانک اطلاعاتی است، لذا حد و دامنه بهینه تعیین شده با استفاده از این روش دقیق‌تر و واقعی‌تر از روش میانگین‌گیری از بانک اطلاعاتی می‌باشد و بیشتر با حد و دامنه بهینه ارقام معرفی شده منطبق است. Feiziasl *et al*, (2003) این نتیجه را برای صفات مختلف در بانک اطلاعاتی گندم دیم در مناطق سرد و نیمه‌سرد و Sadeghzadeh-Ahari *et al*., (2020) آن را در بانک اطلاعاتی نخود دیم در مناطق سرد گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد.

بررسی روابط بین صفات گیاهی در دو جامعه دارای عملکرد بالا و پایین

رابطه بین صفات گیاهی در جامعه دارای عملکرد بالا از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد صفات تعداد روز از کاشت تا گلدهی و تا رسیدگی فیزیولوژیک به‌صورت مثبت و معنی‌دار در مؤلفه اول با توجیه ۳۵/۵ درصد از کل تغییرات بانک اطلاعاتی و ۸۳ درصد از تغییرات مؤلفه اول در جهت مخالف با عملکرد دانه قرار گرفتند. یعنی با افزایش این دو صفت، عملکرد دانه عدس دیم کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که دو صفت طول دوره پرشدن دانه و ارتفاع بوته هر دو به‌صورت مثبت و معنی‌داری ۲۱ درصد از تغییرات مؤلفه دوم و ۶۷ درصد از تغییرات کل بانک اطلاعاتی را توجیه کرده و تقریباً ارتباطی با عملکرد دانه ندارند.



شکل ۱- نمودار پراکنش عملکرد دانه با ارتفاع بوته (A)، وزن۱۰۰دانه (B)، تعداد روز از کاشت تا گلدهی (C)، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (D) و طول دوره پرشدن دانه (E) ژنوتیپ‌های عدس بهاره دیم در مناطق سرد ایران

Fig. 1. Scatter diagrams of grain yield with plant height (A), plant 100-seed weight (B), planting date to flowering (C), planting date to maturity (D) and grain filling duration (E) of dryland spring lentil genotypes under cold areas of Iran

جدول ۱- مشخصات عمومی ژنوتیپ‌های مورد بررسی عدس دیم در بانک اطلاعاتی و گروه‌های داری عملکرد بالا و پائین

Table. 1. Optimal levels of lentil genotypes agronomic characteristics using averaging and boundary lines methods

جمعیت Population	Trait	صفت	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار SD	چارک اول Quarter1	میانه Median	چارک سوم Quarter3	چولگی Skewness
کل بانک اطلاعاتی All data	Plant height (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	8.0	39.0	20.5	3.8	18.0	20.0	23.0	0.14**
	100 Seed weight (g)	وزن صد دانه (گرم)	1.1	11.0	4.7	1.4	3.7	4.7	5.7	0.07*
	Date flowering (day)	تعداد روز از کاشت تا گلدهی (روز)	34.0	103.0	63.0	9.4	57.0	62.0	69.0	0.09**
	Date maturity (day)	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (روز)	67.0	127.0	92.6	10.9	84.0	92.0	100.0	0.22**
	Grain filling duration (day)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	11.0	53.0	28.3	6.1	24.0	28.0	32.0	0.55**
	Grain yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	20.0	1802.0	396.0	299.8	177.0	319.0	535.6	1.39**
جامعه دارای عملکرد بالا High yielding	Plant height (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	12.0	34.0	23.7	4.0	18.0	24.0	23.0	-0.25**
	100 Seed weight (g)	وزن صد دانه (گرم)	1.9	8.4	4.9	1.2	3.7	4.8	5.7	0.31**
	Date flowering (day)	تعداد روز از کاشت تا گلدهی (روز)	39.0	94.0	62.0	8.3	57.0	61.0	69.0	0.48**
	Date maturity (day)	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (روز)	72.0	117.0	92.6	7.5	84.0	93.0	100.0	0.07ns
	Grain filling duration (day)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	15.0	51.0	30.7	5.8	24.0	30.0	32.0	0.17*
	Grain yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	1425	1802	1566.3	100.8	1491	1540	1640	0.64ns
جامعه دارای عملکرد پائین Low yielding	Plant height (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	8.0	39.0	20.0	3.5	18.0	20.0	22.0	0.03ns
	100 Seed weight (g)	وزن صد دانه (گرم)	1.1	11.0	4.7	1.4	3.6	4.6	5.7	0.06ns
	Date flowering (day)	تعداد روز از کاشت تا گلدهی (روز)	34.0	103.0	63.2	9.6	57.0	62.0	70.0	0.04ns
	Date maturity (day)	تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (روز)	67.0	127.0	92.6	11.3	83.8	92.0	100.0	0.22**
	Grain filling duration (day)	طول دوره پرشدن دانه (روز)	11.0	53.0	27.9	6.1	23.0	27.0	31.0	0.65**
	Grain yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	20.0	700.0	299.2	171.1	158.0	277.0	425.9	0.41**

ns غیرمعنی‌دار؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns: no significant,* and **significant at P<0.05 and P<0.01, respectively.

جدول ۲- حد و دامنه بهینه برخی از صفات زراعی عدس دیم با استفاده از روش میانگین‌گیری و خطوط مرزی
Table. 2. Optimal levels of lentil agronomic characteristics using averaging and boundary lines methods

صفت Trait	روش میانگین‌گیری Averaging method					روش خط مرزی Boundary line method	اختلاف حد بهینه دو روش Optimal difference of two methods
	دامنه بهینه Optimum levels	حد بهینه Optimum level	دامنه بهینه Optimum levels	ضریب تغییرات C.V.%	انحراف معیار S.D.	حد بهینه Optimum level	
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	23.7	4.0	16.7	19.8-27.7	27.8	10.9-36.0	4.1
وزن۱۰۰دانه (گرم) 100 Seed weight (g)	4.9	1.2	25.0	3.6-6.1	5.4	4.5-9.5	0.5
تعداد روز از کاشت تا گلدهی (روز) Date flowering (day)	62.0	8.3	13.5	53.6-70.3	55.4	38.4-93.3	6.6
تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (روز) Date maturity (day)	92.6	7.5	8.0	85.2-100.1	92.6	71.6-117.3	0.0
طول دوره پرشدن دانه (روز) Grain filling duration (day)	30.7	5.8	18.8	24.9-36.4	33.8	13.6-52.6	3.1

نکته جالب این‌که عملکرد دانه در جامعه دارای عملکرد بالا، در هیچ یک از این مؤلفه‌ها قرار نگرفت و به تنهایی مستقلاً در مؤلفه سوم با توجیه ۱۶/۶ درصد از تغییرات مؤلفه سوم جای داشت که به دلیل پایین‌بودن مقدار ارزش ویژه[1] آن (کمتر از یک) این مؤلفه از لحاظ آماری قابل انتخاب و بحث نیست (جدول ۳ و شکل A۲). وزن۱۰۰دانه عدس نیز مستقلاً در مؤلفه چهارم با توجیه ۱۴/۵ درصد از تغییرات این مؤلفه قرار دارد و ارزش ویژه آن هم علامت با عملکرد دانه بود و به دلیل پایین‌بودن مقدار ارزش ویژه آن (کمتر از یک) این مؤلفه نیز از لحاظ آماری قابل انتخاب و بحث نیست و به همین دلیل در جدول (۳) اطلاعات آن قید نشده است. این نتایج نشان می‌دهد وزن۱۰۰دانه عدس دیم تنها اعتبار تجاری و بازارپسندی دارد و عاملی نیست که اصلاحگران عدس دیم بتوانند از آن به‌عنوان صفت اصلی در گزینش ارقامی با عملکرد بالا استفاده نمایند. Sadeghzadeh-Ahari *et al*, (2020) چنین نتیجه‌ای را نیز در مورد وزن۱۰۰دانه نخود دیم گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد.

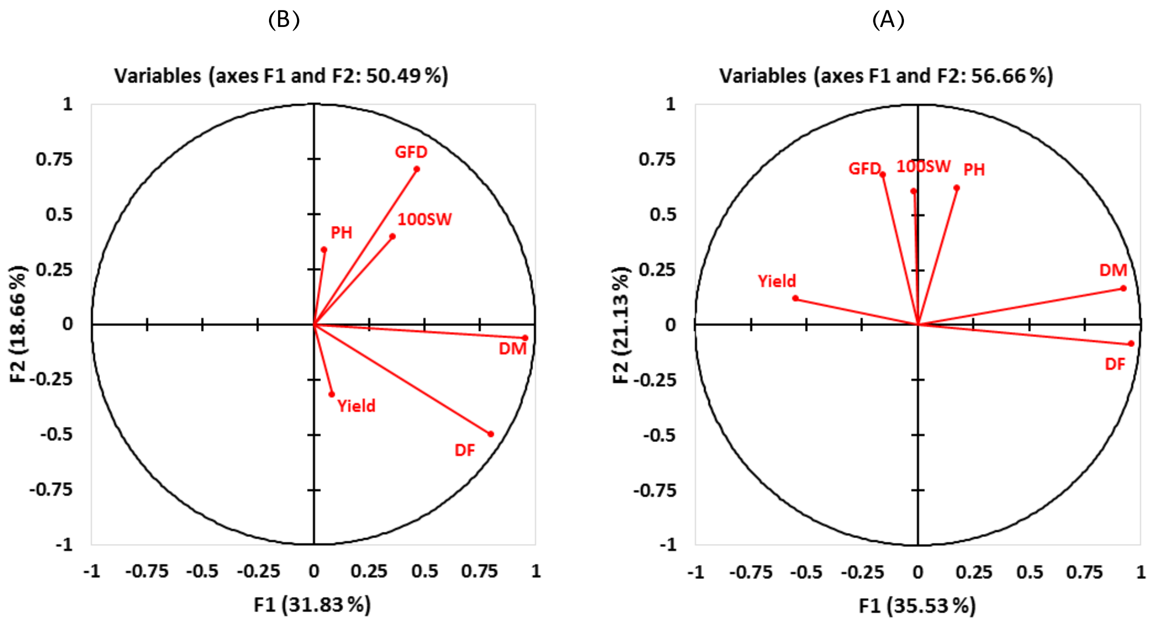
نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جامعه دارای عملکرد بالا نشان می‌دهد که اصلاحگران عدس دیم باید از دو صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی (بیشترین همبستگی منفی با عملکرد دانه) و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در مناطق سرد و نیمه‌سرد استفاده نمایند (شکل A۲). بررسی در جامعه دارای عملکرد پایین همانند جامعه دارای عملکرد بالا نشان داد که دو صفت تعداد روز از کاشت تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک با توجیه حدود ۳۲ درصد از تغییرات در مؤلفه اول قرار دارند. در مؤلفه دوم طول دوره پرشدن دانه با توجیه ۱۸/۷ درصد این مؤلفه و در مؤلفه سوم نیز عملکرد دانه با توجیه ۱۷/۰ درصد از تغییرات این مؤلفه قرار داشت (جدول ۳ و شکل B۲). ارتفاع بوته و وزن۱۰۰دانه از صفاتی هستند که به‌ترتیب در مؤلفه‌های جداگانه بعدی قرار گرفتند، اما به دلیل پایین‌بودن مقدار ارزش ویژه آن‌ها (کمتر از یک)، نتایج این مؤلفه‌ها در جدول ۳ قید نشده است. مطابق این نتایج، در جامعه دارای عملکرد پایین که از اهمیت چندانی برای اصلاحگران عدس در مناطق دیم در مقایسه با جامعه عملکرد بالا برخوردار نمی‌باشد، عملکرد دانه با صفات تعداد روز از کاشت تا گلدهی و سپس تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوزیک همبستگی مثبت و با ارتفاع بوته، طول دوره پرشدن دانه و سپس وزن۱۰۰دانه همبستگی منفی داشت (شکل B۲).

[1]. Eigenvalue

جدول ۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه و درصدهای واریانس عامل‌های مشترک در دو جامعه دارای عملکرد بالا و پایین عدس دیم

Table 3. Principal component analysis, eigenvalues and variability of dryland lentil genotypes in high and low yielding groups

صفات **Trait**	**High yield** عملکرد بالا			**Low yield** عملکرد پایین		
	عامل اول **First Factor**	عامل دوم **Second Factor**	عامل سوم **Third Factor**	عامل اول **First Factor**	عامل دوم **Second Factor**	عامل سوم **Third Factor**
تعداد روز از کاشت تا گلدهی Date flowering	0.917	0.008	0.029	0.644	0.250	0.001
تعداد روز از کاشت تا رسیدگی Date maturity	0.857	0.028	0.003	0.910	0.004	0.020
طول دوره پرشدن دانه Grain filling duration	0.024	0.462	0.103	0.218	0.493	0.043
ارتفاع بوته Plant height	0.032	0.388	0.173	0.003	0.113	0.314
وزن۱۰۰دانه 100 Seed weight	0.001	0.368	0.032	0.127	0.158	0.173
عملکرد دانه Grain yield	0.301	0.014	0.387	0.008	0.102	0.473
مقادیر ویژه Eigenvalue	2.1	1.3	0.9	2.1	1.1	1.0
تغییرات (درصد) Variability (%)	35.5	21.1	16.6	31.8	18.7	17.0



شکل ۲- بای‌پلات عملکرد دانه و صفات زراعی عدس دیم در جامعه دارای عملکرد بالا (A) و پایین (B)

Fig. 2. Biplot of grain yield agronomic triats of dryland lentil in high (A) and low (B) yielding groups

PH: Plant height (ارتفاع بوته); DF: Date flowering (تعداد روز از کاشت تا گلدهی); DM: Date maturity (تعداد روز از کاشت تا رسیدگی); GFD: Grain filling duration (طول دوره پرشدن دانه); Yield: Grain yield (عملکرد دانه)

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، در تعیین صفت تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک عدس دیم بهاره هر دو روش خطوط مرزی و میانگین‌گیری برآورد یکسانی داشتند و در مورد صفت وزن۱۰۰دانه تفاوت، کم بود. آزمون t نشان داد تفاوت معنی‌داری در برآورد حد بهینه توسط این دو روش وجود نداشت، اما دامنه بهینه صفات را خطوط مرزی با دامنه گسترده‌تری از ۲ تا ۳/۴ برابر (میانگین سه برابر) روش میانگین‌گیری برآورد نمود و از لحاظ آماری این برآوردها در دامنه پایین و بالا تفاوت معنی‌داری داشتند. نتایج این پژوهش نشان داد روش خطوط مرزی با توجه به این‌که روند کلی پراکنش داده‌ها را در بانک اطلاعاتی در نظر می‌گیرد، دقیق‌تر و بهتر از روش میانگین‌گیری حد بهینه و دامنه صفات را برآورد می‌نماید که این حد بسیار نزدیک به حد بهینه تعیین شده برای ارقام عدس دیم در مناطق سرد بود. در مجموع، علاوه بر وجود ارتباط منطقی بین صفات زراعی و عملکرد دانه عدس دیم، از این صفات می‌توان در انتخاب لاین‌ها و ارقام مناسب برای شرایط مورد بررسی استفاده نمود.

منابع

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Ebdeshah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2019. Agricultural Statistics of Iran Cropping Year 2016-2017. Agronomy Production; Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information Technology Center: Tehran, Iran. (In Persian).
2. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Fazli Estabar, M., Hosseinpour, R., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2016. Agricultural Statistics of Iran Cropping Year 2014-2015. Agronomy Production; Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information Technology Center: Tehran, Iran. Pages 163. (In Persian).
3. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hosseinpour, R., Ebdeshah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2017. Agricultural Statistics of Iran Cropping Year 2015-2016. Agronomy Production; Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information Technology Center: Tehran, Iran. Pages 117. (In Persian).
4. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hosseinpour, R., Hatami, F., Mohiti, Z., Fazli, B., Fazli Estabar, M., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2015a. Agricultural Statistics of Iran Cropping Year 2014-2015. Agronomy Production; Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information Technology Center: Tehran, Iran. Pages 156. (In Persian).
5. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hosseinpour, R., Hatami, F., Fazli, B., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2015b. Agricultural Statistics of Iran Cropping Year 2013-2014. Agronomy Production; Ministry of Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information Technology Center: Tehran, Iran. Pages 158. (In Persian).
6. Ali, A., Ahmad, B., Hussain, I., Ali A., and Ali Shah, F. 2017. Effect of phosphorus and zinc on yield of lentil. Pure and Applied Biology 6(4):1397-1402.
7. Amanullah, and Mir Hatam, 2000. Grain yield potential of lentils germplasm. Pakistan Journal of Biological Sciences 3: 1553-1555.
8. Azizi-Chakherchaman, S., Mostafaee, H., Hasanpanah, D., Kazemiarbat, H., and Yarniya, M. 2010. Path coefficient analysis of yield and yield components in promising lentil (*Lens culinaris* L.) genotypes under dry land conditions. Agroecology Journal 5(4): 45-56.
9. Bicer, B.T., and Sakar, D. 2008. Studies on variability of lentil genotypes in Southeastern Anatolia of Turkey. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36(1): 20-24.
10. Borah, U.K. 1996. Response of lentil genotypes to seed rates under rainfed conditions. Journal of Agricultural Science and Technology. North-East India 9(1): 92.
11. Delahunty, A., Nuttall, J., Nicolas, M., and Brand, J. 2018. Response of lentil to high temperature under variable water supply and carbon dioxide enrichment. Crop and Pasture Science 69: 1103-1112.
12. Ebrahimi, M., Bihamta, M., Hosseinzadeh, A., Khial Parast, F., and Golbashy, M. 2016. Evaluation of yield and yield components and some agronomic traits of white bean genotypes under Karaj climate. Agroecology 2(1): 129-135. (in Persian with English abstract).
13. Erdoğan, C. 2015. Genetic characterization and cotyledon color in lentil. Chilean Journal of Agricultural Research 75(4): 383-389.
14. Feiziasl, V., Alizadeh, K., Ansari, Y., Mousavi, B., and Ahmadpour Chenar, M. 2003. Application of crop properties balance index in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs for cold dryland conditions. Seed and Plant Improvement Journal 19(2): 121-136. (In Persian with English abstract).

15. Feiziasl, V., Jafarzadeh, J., Amri, A., Ansari, Y., Mousavi, S.B., and Ahmadpour Chenar, M. 2010. Analysis of yield stability of wheat genotypes using new Crop Properties Balance Index (CPBI) method. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38(1): 223-228. (In Persian with English abstract).
16. Gaur, P.M., Srinivasan, S., and Varshney, R.K. 2014. Drought and heat tolerance in chickpea. Legume Perspectives 3: 15-17.
17. Ghanem, M.E., Kibbou, F., Guiguitant, J., and Sinclair, T.R. 2017. Opportunities to improve the seasonal dynamics of water use in lentil (*Lens culinaris* Medik.) to enhance yield increase in water-limited environments. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 4: 22.
18. Ghassemi-Golezani, K., Ghadordoz-Jedi, A., and Zehtab-Salmasi, S. 2014. Effects of seed size and aging on field performance of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under different irrigation treatments. Acta Agriculturae Slovenica 103(2): 158-166.
19. Gomes, F.P. 1985. Curso de estatística experimental. São Paulo: Nobel 467 p.
20. Gulmezoglu, N., and Kayan, N. 2011. Dry matter and nitrogen accumulation during vegetative and grain filling of lentil (*Lens culinaris* Medic.) as affected by nitrogen rates. Not Bot Horti Agrobot 39: 196-202.
21. Hazeri Niri, H.H., Tobeh, A., Gholipouri, A., Zakaria, R.A., Mostafaei, H., and Jamaati-e-Somarin, S. 2010. Effect of nitrogen and phosphorus on yield and protein content of lentil in dryland condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 8: 185-188.
22. Hussan, S., Khuroo, N.S., Lone, A.A., Dar, Z.A., Dar, S.A., and Dar, M.S. 2018. Study of variability and association analysis for various agromorphological traits in lentil (*Lens culinaris* M.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7(2): 2172-2175.
23. Kahriman, A, Temel, H., Aydogan, A., and Tanyolac, M.B. 2015. Major quantitative trait loci for flowering time in lentil. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39(4): 588-595.
24. Kanouni, H. 2003. Study of seed yield and some associated characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions of Kurdistan. Iranian Journal of Crop Science 5(2):146-155. (In Persian with English abstract).
25. Khan, I.J., Hassan, Ihsanullah, G., and Khattak, A.I. 2007. Effect of wild oats (*Avena fatua*) densities and proportions on yield and yield components of wheat. Journal of Agricultural and Biological Science 2(1): 26-31.
26. Kumar, S.K., Barpete, S., Kumar, J., Gupta, P., and Sarker, A. 2013. Global lentil production: Constraints and strategies. SATSA Mukhapatra - Annual Technical Issue 17: 1-13.
27. Kumar, S., Hamweih, A., Manickavelu, A., Kumar, J., Sharma, T.R., and Baum, M. 2014. Advances in lentil genomics. In: S. Gupta, N. Nadarajan and D.S. Gupta (Eds.). Legumes in Omics Era. New York: Springer Science Business Media. p. 111-130.
28. Kumar, S., Rajendran, K., Kumar, J., Hamwieh, A., and Baum, M. 2015. Current knowledge in lentil genomics and its application for crop improvement. Frontiers in Plant Science 6: 78. doi: 10.3389/fpls.2015.00078.
29. Mahmoudi, A.A. 2006. Effect of sowing season and seeding density on grain yield in lentil (Local var. Robat) under dryland conditions in Northern Khorasan. Iranian Journal of Crop Sciences 3(8): 232-238. (In Persian with English abstract).
30. Mansourifar, C., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S. 2012. Study of grain filling in chickpea cultivars under drought stress and N fertilizer. Iranian Journal of Field Crops Research 10(3): 591-602. (In Persian with English abstract).
31. Mehraban, A. 2017. Evaluation of quality properties of lentil cultivars (*Lens culinaris* L.) in different sowing dates under rainfed condition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27(4): 107-119. (In Persian with English abstract).
32. Moradi, R., Alizadeh, Y., Nezami A., and Eshghizadeh, H.R. 2013. Study of lentil (*Lens culinaris* Medik.) seed size on germination and seedling properties in drought stress condition. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 377-389. (In Persian with English abstract).
33. Ninou, E., Papathanasiou, F., Vlachostergios, D.N., Mylonas, I., Kargiotidou, A., Pankou, C., Papadopoulos, I., Sinapidou, E., and Tokatlidis, I. 2019. Intense breeding within lentil landraces for high-yielding pure lines sustained the seed quality characteristics. Agriculture 9: 175.
34. Noor, R., Khan, S.M., Ahmad, F., Hussain, M., Abdallah, E.F., Alqarawi, A.A., Hashem, A., and Aldubise, A. 2017. The morpho-agronomic characterization study of *Lens culinaris* germplasm under salt marsh habitat in Swat, Pakistan. Saudi Journal of Biological Sciences 24: 1639-1645.

35. Pakbaz, N., Barary M., Ashraf Mehrabi, A., and Hatami A. 2014. Effect of seed priming on growth and yield of lentil (*Lens culinaris* L.) genotypes under rainfed and supplemental irrigation conditions. International Journal of Biosciences 5(9): 131-139. (In Persian with English abstract).
36. Panahyan-e-Kivi, M., Ebadi A., Tobeh, A., and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2009. Evaluation of yield and yield components of lentil genotypes under drought stress. Research Journal of Environmental Sciences 3: 456-460.
37. Rahimi, M.H., Houshmand, S., Khodambashi, M., Shiran, B., and Mohammadi, S. 2017. Evaluation of recombinant pure lines of lentil under drought stress. Journal of Crop Breeding 9(22) :82-97. (In Persian with English abstract).
38. Rahimi, M.H., Houshmand, S., Khodambashi, M., Shiran, B., and Mohammady, S. 2016. Effect of drought stress on agro-morphological traits of lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinant inbred lines. Bangladesh Journal of Agricultural Research 41(2): 207-219.
39. Rao, S.K., and Yadav, S.P. 1988. Genetic analysis of biological yield, harvest index and seed yield in lentil. Lens Newsletter 15: 3-5.
40. Roberts, E.H., Summerfield, R.J., Muehlbauer, F.J., and Short, R.W. 1986. Flowering in lentil (*Lens culinaris* Medic.): the duration of the photoperiodic inductive phase as a function of accumulated daylength above the critical photoperiod. Annals of Botany 58: 235-248.
41. Roy, C.D., Tarafdar, S., Das, M., and Kundagrami, S. 2012. Screening lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasms for heat tolerance. Trends in Biosciences 5: 143-146.
42. Sabaghpour, S., Pouralibaba, H., Mehreban, A., Mostefayee, H., Pezeskhpour, P., Kerimizadeh, R., Seyedi, F., Mahmoodi, A., Ferayedi, Y., Kamel, M., Alahyari, N., Baghdadi, H., and Shahab, M. 2016. Bilehsevar, a new large seed size and tolerance to fusarium wilt lentil cultivar for dryland condition of Iran. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 5(1): 35-45. (In Persian with English abstract).
43. Sabaghpour, S.H., Seyedi, F., Mahmoodi, A.A., Safikhani, M., Pezeshkpour, P., and Rostemi, B. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 29(1): 397-399. (In Persian with English abstract).
44. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2016. Evaluation of yield and its components of two promising rain fed chickpea genotypes under autumn and hidden sowing at farmer fields. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 4(2): 127-139. (In Persian with English abstract).
45. Sadeghzadeh-Ahari, D., Feiziasl, V., Kanouni, H., and Saeid, A. 2020. Evaluation of crop traits range of dryland chickpea (*Cicer arietinum* L.) in cold areas of Iran. Iranian Journal Pulses Research 11(2): (In Persian with English abstract).
46. Sehgal, A., Sita, K., Kumar, J., Kumar, S., Singh, S., Siddique, K.H.M., and Nayyar, H. 2017. Effects of drought, heat and their interaction on the growth, yield and photosynthetic function of lentil (*Lens culinaris* Medikus) genotypes varying in heat and drought sensitivity. Frontiers in Plant Science 8: 1776.
47. Shobeiri, S. 2018. Evaluation of grain yield of lentil (FLIP 96-59L) promising line in field conditions. Journal of Dryland Pulses Extension 1(1): 29-36. (In Persian).
48. Shrestha, R., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Turner, D.W., and Speijers, J. 2006. A water deficit during pod establishment in lentils reduces flower and pod numbers but not see size. Australian Journal of Agricultural Research 57: 427-438.
49. Sumner, M.E. 1977. Effect of corn leaf sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS indices. Communications in Soil Science and Plant Analysis 8(3): 269-230.
50. Tadesse T., Leggesse, T., Mulugeta, B. and Sefera, G. 2014. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm in the highlands of Bale, Ethiopia. International Journal of Biodiversity and Conservation 6(1): 115-120.
51. Vaezi, S. 2015. Evaluation drought resistance of some lentil genotypes in Ardabil region. Applied Field Crops Research 28(3): 43-52. doi: 10.22092/aj.2015.106711.
52. Walworth, J.L., Letzsch, W.S., and Sumner, M.E. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Science Society of America Journal 50: 123-128.
53. Yuan, H.Y, Saha, S., Vandenberg, A., and Bett, K.E. 2017. Flowering and growth responses of cultivated lentil and wild lens germplasm toward the differences in red to far-red Ratio and photosynthetically active radiation. Frontiers in Plant Science 8: 386.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 20-36 (Original Research Article)

Identification and selection of superior dryland Lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes using boundary lines in Iran cold areas

Feiziasl[1]*, Vali; Sadeghzadeh-Ahari[2], Davood; Mahmoudi[3], Ali Akbar; and Shobeiri[4], Seyyedeh Soodabeh

۱. Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran; vfeiziasl@yahoo.com
2. Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran; dsadeghzade@yahoo.com
3. Scientific Member, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran; aampira@yahoo.com
4. Assistant Professor, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran; s.shobeiri@yahoo.com

The Dates:
Received: 3 July 2021; **Revised:** 19 February 2022
Accepted: 16 June 2022; **Available Online:** 22 December 2022

How to cite this article:
Feiziasl, V., Sadeghzadeh-Ahari, D., Mahmoudi, A.A., and Shobeiri, S.S. 2022. Identification and selection of superior dryland Lentil (*Lens culinaris* Medik) genotypes using boundary lines in Iran cold areas. Iranian Journal of Pulses Research 13(2): 20-36. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2106-1009

Introduction

Pulse crops play important role in supplying human food needs. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) is probably the oldest grain legume to be domesticated and one of the most important pulse crops worldwide due its nutritional characteristics. Lentil is an integral part of dryland agriculture, mainly because of its ability to thrive comparatively well under water-limiting environments. As a result, the crop which provides protein-rich food and animal feed is largely grown under rainfed conditions. The major lentil producing countries are India, Canada, Turkey, USA, Nepal, Australia, Syria, China, Bangladesh, Iran, etc. Iran ranked fourth in area after India, Turkey and Canada and ninth in the production. The aim of any breeding program working for unpredictable and rainfed environments is to develop varieties with high and stable yields. Breeders take advantage of the selection for several traits to achieve maximum economic yield. The selection of genotypes based on indices using yield components was used by breeders for a long time. Breeders believe that obtaining a linear function for measurable traits could lead the selection of genotypes with better genetic values, but a need to include economic value and weights in this function express by many researchers. Simultaneous selection using characteristics with important and heritable economic values is more effective. Crop yield is a function of multiple variables inter-related to each other and can not be defined only by a single-variable equation. One of the most effective of these methods is boundary lines. Feiziasl *et al* (2003 and 2010) used this method for the first time to determine the optimum levels of plant (dryland wheat) characteristics and yield stability analysis. In this paper, “Boundary Lines” and averaging methods and are used to determine optimum levels for some traits of dryland lentil in cold areas.

Materials and Methods

More than 8300 data for each trait were collected from national and international trials conducted under rainfed conditions in Maragheh, Zanjan, Ardabil and Shirvan (North Khorasan Province) DARI experiment stations 20 years (1996-2016). The traits considered in the analysis were: days to heading, days to physiological maturity, grain filling period, plant height, 100 seed weight and grain yield. The Excel software was used to develop a scatter diagram showing the relationship between each trait with grain yield

* **Corresponding Author:** vfeiziasl@yahoo.com

in each location. Two methods were used to determine the optimum value for a given characteristic. One is based on the boundary lines method where the maximum grain yield and the optimum value for the trait considered coincide with the crossing point of the two boundary lines. “Boundary Lines” method was used to determine the maximum limits of each crop characteristic. The scatter diagram is surrounded by two regression lines, one on the left and the other on the right called boundary lines. Then Maximum yield is obtained at the intersection of both boundary lines. The other approach, called averaging method, is based on subdividing the data into two groups: high and low yielding groups.

Results and Discussion

The boundary lines method allowed the determination of optimum levels for days to flowering, days to physiological maturity, duration of grain filling, plant height and 100 seed weight which were 55.4 days, 92.6 days, 33.8 days, 27.8 centimeters and 5.4 grams, respectively. By averaging of high yielding group method optimums for days to flowering, days to physiological maturity, duration of grain filling, plant height and 100 seed weight characteristics were 62.0 days, 92.6 days, 30.7 days, 23.7 centimeters, 4.9 grams, respectively. These optimums were closely equivalent to those determined using the averaging method for one days to physiological maturity characteristic. But for other plant characteristics there were a lot of difference and boundary line estimated its amplitude on average 3 times wider than the averaging method. Principle component analysis (PCA) show that, the most important traits for selection of lentil varieties were days to flowering and number of days to physiological maturity. These methods could help breeders to determine the optimum and range for characteristics determining the adaptation of genotypes to given environments. Boundary lines method is more suitable for determining of characteristic’s optimum levels in comparison with the averaging method.

Conclusion

It can be concluded that, determining the optimum levels of some dryland lentil characteristics were closely equivalent in two boundary lines and averaging methods. However, in some other characteristics, the optimum levels were a lot of difference in estimating of boundary lines and averaging of high yielding groups. Because boundary lines method is considered the data distribution process and gap data in databank, therefore, its estimates in the optimum levels of the characteristics are more accurate and more realistic than the averaging of the high yielding group.

Keywords: Boundary lines، Crop properties، Optimum level، Principle component analysis (PCA)